

NUTRIÇÃO E ALIMENTAÇÃO DO TAMBAQUI (*Colossoma macropomum*)

Ana Paula Oeda RODRIGUES¹

RESUMO

O tambaqui, principal espécie nativa cultivada no país, possui uma série de características zootécnicas favoráveis que justificam seu cultivo crescente e importância econômica para a piscicultura nacional. Esta revisão sumariza o conhecimento atual em nutrição e alimentação do tambaqui, a fim de orientar futuros estudos na área. Em ambiente natural, o tambaqui varia sua dieta de acordo com o regime de chuvas, apresentando adaptações morfofisiológicas que o permitem explorar uma ampla gama de itens alimentares. Existem diversos estudos avaliando as exigências em proteína e energia para a espécie, no entanto, observam-se grandes divergências entre os resultados obtidos. De forma geral, há uma carência de estudos de exigências nutricionais e manejo alimentar com animais na fase intermediária e final de engorda e com reprodutores e larvas, havendo uma concentração de estudos com tambaquis entre 1 e 100 g. A grande maioria dos alimentos testados para a espécie apresenta disponibilidade restritamente local e volume de produção insuficiente para sua incorporação pelas indústrias de ração, fazendo-se necessária a avaliação de ingredientes com maior potencial de utilização para a alimentação do tambaqui e estudos que investiguem a digestibilidade dos mesmos.

Palavras chave: Characiformes; Characidae; exigências nutricionais; onivoria; frugivoria

NUTRITION AND FEEDING OF TAMBAQUI (*Colossoma macropomum*)

ABSTRACT

Tambaqui is the main native fish species farmed in Brazil and, due to their favorable husbandry characteristics, the culture of this species is continually increasing with economic importance. This review summarizes the current knowledge on nutrition and feeding of tambaqui in order to guide future studies in these areas of research. In the wild, tambaqui feeds according to the rainfall regime and morphophysiological adaptations allow the species to explore a wide variety of food items. There are many studies assessing protein and energy requirements of tambaqui, however, results differ significantly. In general, not much information is available on nutritional requirements or feeding of tambaqui in intermediate and final grow-out phases as well as for breeders and larvae. Most studies focus on tambaqui from 1 to 100 g. The majority of the feed ingredients tested are only locally available in small amounts, which limits their use by the feed industry. Further studies are required to assess the inclusion level and digestibility of feedstuffs with higher potential to feed tambaqui.

Keywords: Characiformes; Characidae; nutritional requirements; omnivory; frugivory

Artigo de Revisão: Recebido em 28/03/2013 – Aprovado em 22/11/2013

¹ Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA Pesca e Aquicultura. Quadra 104 Sul, Av. LO 1, 34, Conj. 04, 1º e 2º Pavimentos – CEP: 77020-020 – Palmas – TO – Brasil. e-mail: anapaula.rodrigues@embrapa.br

INTRODUÇÃO

O tambaqui, *Colossoma macropomum*, pertencente à classe Actinopterygii, ordem Characiformes e família Characidae, ocorre naturalmente nas bacias do rio Amazonas e Orinoco (GOMES *et al.*, 2010). É uma espécie reofílica, de grande rusticidade e bastante resistente à hipóxia, suportando valores abaixo de 1 mg L⁻¹ de oxigênio dissolvido na água graças à capacidade de expansão do lábio inferior em condições extremas de falta de oxigênio, que lhe permite captar e direcionar a água das camadas mais superficiais, rica em oxigênio, para as brânquias (ARAÚJO-LIMA e GOULDING, 1998; BALDISSEROTTO, 2009). Melhor crescimento é obtido em águas ácidas, com pH entre 4 e 6 (ARIDE *et al.*, 2007), sendo a espécie resistente à ação tóxica da amônia (até 0,46 mg L⁻¹ de amônia não ionizada) (ISMIÑO-ORBE, 1997).

Junto com o pacu (*Piaractus mesopotamicus*) e a pirapitinga (*P. brachypomum*), bem como alguns híbridos entre as espécies, o tambaqui compõe o grupo de peixes redondos de grande importância para a piscicultura nacional (KUBTIZA, 2004). É a principal espécie nativa cultivada no Brasil, tendo alcançado uma produção aquícola de cerca de 54,3 mil toneladas em 2010, um acréscimo de aproximadamente 40% em relação ao produzido em 2008 (MPA, 2012). Por questões climáticas, seu cultivo no país se concentra nas regiões Norte, Centro-Oeste e Nordeste, onde encontra, ainda, ampla aceitação pelo mercado (KUBTIZA, 2004). Dentre as principais razões que justificam o cultivo crescente da espécie, destacam-se a facilidade de obtenção de juvenis, bom potencial de crescimento, alta produtividade e rusticidade e grande aceitação pelo mercado consumidor (GOMES *et al.*, 2010). Adicionalmente, a redução nos estoques naturais de tambaqui torna a aquicultura a principal alternativa sustentável para suprir as demandas do mercado, superando em 13 vezes a produção obtida pela pesca em 2010 (MPA, 2012).

Em cultivos intensivos de tambaqui, os gastos com alimentação podem representar até 60% do custo de produção (MELO *et al.*, 2001; IZEL e MELO, 2004; GOMES *et al.*, 2006). Dessa forma, uma vez reconhecido o potencial zootécnico da espécie e a importância da nutrição e alimentação

para o sucesso de seu cultivo, o objetivo deste trabalho foi revisar o conhecimento atual em nutrição e alimentação do tambaqui, a fim de orientar futuros estudos nesta área de pesquisa.

HÁBITO E ECOLOGIA ALIMENTARES

Em ambiente natural, o tambaqui se alimenta preferencialmente de frutos e sementes no período de enchente e cheia dos rios, ao passo que na época de vazante e seca, consome principalmente zooplâncton, razão pela qual seu hábito alimentar é comumente definido como onívoro-opportunista (HONDA, 1974; GOULDING e CARVALHO, 1982). Outros itens alimentares como macrófitas, insetos, algas, moluscos e peixes também são consumidos pela espécie, porém, em menor frequência e muitas vezes ingeridos simultaneamente com os alimentos principais (HONDA, 1974; GOULDING e CARVALHO, 1982). SILVA *et al.* (2000), avaliando a composição nutricional da dieta natural do tambaqui em função do regime de chuvas, verificaram que durante o período de cheia há menor ingestão proteica e maior consumo de carboidratos e fibras em relação à estação seca, com pequena variação para energia e lipídios. No período da seca foi constatada menor ocorrência de estômagos cheios e maior quantidade de gordura visceral (acima de 10% do peso corporal), constituindo uma adaptação da espécie na fase de estiagem, quando há escassez de frutos e sementes e menor disponibilidade de alimento (GOULDING e CARVALHO, 1982).

A presença de dentes molariformes e mandíbulas fortes conferem ao tambaqui adaptação para esmagar sementes duras (HONDA, 1974; GOULDING e CARVALHO, 1982; ARAÚJO-LIMA e GOULDING, 1998). Além disso, logo atrás da linha principal de dentes da mandíbula inferior, há dois dentes cônicos, enquanto na região pré-maxilar, ocorre uma segunda linha composta por quatro dentes, adaptações que potencializam sua capacidade de quebrar sementes (GOULDING e CARVALHO, 1982). A ocorrência de dentes abaixo daqueles aparentes e que periodicamente os substituem permite uma adequada manutenção da estrutura dentária da espécie (ARAÚJO-LIMA e GOULDING, 1998).

Os quatro arcos branquiais do tambaqui são compostos por numerosos e alongados rastros branquiais, típicos de espécies zooplânctófagas (HONDA, 1974; GOULDING e CARVALHO, 1982; ARAÚJO-LIMA e GOULDING, 1998). O grande opérculo (característico do tambaqui) permite, ainda, um alto fluxo de água através das brânquias, potencializando a capacidade da espécie de capturar zooplâncton (GOULDING e CARVALHO, 1982). A espécie apresenta estômago bem definido, alongado e bastante elástico, seguido por cecos pilóricos, em número de 43 a 75, os quais auxiliam na digestão dos alimentos (HONDA, 1974; GOULDING e

CARVALHO, 1982). O intestino é relativamente comprido em relação ao corpo do animal, perfazendo cerca de 2 a 2,5 vezes o comprimento corporal (HONDA, 1974; GOULDING e CARVALHO, 1982; ROTTA, 2003). Dessa forma, o trato gastrintestinal do tambaqui pode ser morfológicamente dividido em cinco porções - esôfago, estômago, cecos pilóricos, intestino proximal e intestino distal - observando-se diferenças entre as mesmas quanto à predominância de enzimas digestivas (Tabela 1), sendo que a digestão concentra-se, principalmente, nos cecos pilóricos e intestino proximal (CORRÊA *et al.*, 2007).

Tabela 1. Ocorrência (+) ou não (-) de atividade enzimática nas diferentes porções do trato gastrintestinal do tambaqui (CORRÊA *et al.*, 2007).

Enzimas digestivas	Esôfago	Estômago	Cecos pilóricos	Intestino proximal	Intestino distal
Amilase	+	+	+	+	+
Maltase	-	-	+	+	+
Protease ácida	-	+	-	-	-
Tripsina	-	-	+	+	+
Quimotripsina	-	-	+	+	+

DE ALMEIDA *et al.* (2006) observaram alto potencial proteolítico para o tambaqui, relacionando-o ao fato da espécie naturalmente consumir quantidades significativas de proteínas de origem vegetal, que apresentam digestão mais complexa em relação às proteínas de origem animal. Uma vez que a atividade proteolítica foi principalmente detectada no estômago, os autores o consideraram como principal local responsável pela digestão proteica no tambaqui.

EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS

A grande maioria dos estudos sobre exigências nutricionais do tambaqui foi realizada com dietas práticas, ao invés de dietas purificadas ou semi purificadas, dificultando a interpretação dos resultados pela interação entre os nutrientes dos ingredientes (FRACALOSSO *et al.*, 2012). Adicionalmente, ingredientes práticos apresentam coeficientes de digestibilidade variáveis, o que dificulta a comparação entre trabalhos. Existe, ainda, uma carência de estudos com animais na fase intermediária e final de engorda e com reprodutores e larvas, havendo uma concentração de estudos com tambaquês entre 1 e 100 g. Isso

provavelmente se deve à complexidade existente no manejo e avaliação de larvas nesse tipo de estudo e à dificuldade e custo associados ao manejo de peixes maiores (tamanho das unidades experimentais, alta quantidade de ração para alimentação dos animais e elevado custo de reprodutores, por exemplo).

MACEDO (1979) verificou uma baixa exigência proteica para o tambaqui: 22% de proteína bruta para juvenis de 5 g e 18%, para aqueles com 18 g. Segundo ECKMAN (1987), no entanto, a taxa de crescimento observada no estudo de MACEDO (1979) foi razoavelmente inferior às taxas máximas de crescimento do tambaqui, o que pode ter subestimado a exigência proteica da espécie. Tabaquês com cerca de 1,4 g (peso na matéria seca), alimentados com dietas contendo diferentes níveis de proteína e proporções de farinha de peixe e de sangue, obtiveram melhor taxa de crescimento para a dieta com 20% de cada ingrediente e 36,8% de proteína bruta (ECKMAN, 1987).

GUTIÉRREZ *et al.* (2009) encontraram melhor desempenho para tambaquês (peso médio inicial = 53,2 g) alimentados com dietas com 25% de

proteína bruta e 2.700 kcal g⁻¹ de energia digestível calculada. Resultado semelhante foi observado para juvenis de tambaqui (peso médio inicial = 37,5 g) alimentados com dietas isoenergéticas contendo níveis crescentes de proteína bruta (na proporção constante de 70% de farinha de peixe e 30% de farelo de soja), que apresentaram aumento no ganho em peso até o nível de 25,01% de proteína (VIDAL JR *et al.*, 1998). Entretanto, quando alimentados com dietas contendo farelo de soja e farinha de carne, em trabalho de OISHI *et al.* (2010), a exigência foi de 30% de proteína bruta, provavelmente devido à ausência de farinha de peixe na formulação, sugerindo que a qualidade da proteína possa interferir na exigência proteica. Juvenis maiores de tambaqui (peso médio inicial = 112 g), alimentados com dietas contendo níveis decrescentes de proteína e crescentes de lipídios, apresentaram desequilíbrio metabólico e baixo ganho em peso para os níveis de 20% de proteína bruta e 15% de lipídio (relação energia: proteína de 18,4 kcal g⁻¹) (DE ALMEIDA *et al.*, 2011). Os níveis que resultaram em melhor desempenho, por sua vez, mantiveram-se em torno de 25 a 35% de proteína e 5 a 11% lipídios (relação energia: proteína de 15,1 a 10,8 kcal g⁻¹).

Maior desempenho e eficiência de deposição proteica em juvenis de tambaqui alimentados com dietas isoproteicas (24%) e contendo níveis crescentes de energia metabolizável estimada foram obtidos para o nível de 3.300 kcal kg⁻¹, sendo que a relação energia: proteína ideal para tambaquis entre 30 e 180 g estaria entre 12,45 e 13,75 kcal g⁻¹ (CAMARGO *et al.*, 1998). VAN DER MEER *et al.* (1997a) observaram decréscimo na utilização proteica e no teor de gordura corporal com redução da relação energia: proteína da dieta.

Diante do exposto, observam-se grandes divergências entre os resultados obtidos para as exigências em proteína e energia do tambaqui (Tabela 2). Isso provavelmente se deve às diferenças entre os trabalhos quanto às condições experimentais, relação energia: proteína, valor biológico da fonte proteica, digestibilidade das fontes de energia não proteicas, genética e idade dos exemplares (VIDAL JR *et al.*, 1998). KOHLA *et al.* (1992) complementam que a falta de padronização no delineamento experimental e na formulação das dietas experimentais também contribuem para os resultados contraditórios.

Tabela 2. Níveis de proteína e energia e relação energia: proteína para o tambaqui.

Peso inicial (g)	Nível de proteína (%)	Energia bruta (kcal kg ⁻¹)	Relação energia: proteína (kcal g ⁻¹) ^a	Referências
1,4 ^b	37	4.660	12,6	ECKMAN, 1987
5	22	3.200	14,5	MACEDO (1979)
5	50	4.589	9,2	VAN DER MEER <i>et al.</i> , 1995
6,73	25 ou 27	2.700 ^c	10,8 ou 10,0	GUTIÉRREZ <i>et al.</i> , 2010
18	18	3.200	17,8	MACEDO (1979)
30	24,82	3.300 ^d	13,3	CAMARGO <i>et al.</i> , 1998
37,5	25,01	3.100	12,4	VIDAL JR <i>et al.</i> , 1998
46,4	30	3.894	13,0	OISHI <i>et al.</i> , 2010
50	40	4.493	11,2	VAN DER MEER <i>et al.</i> , 1995
53,18	25	2.700 ^c	10,8	GUTIÉRREZ <i>et al.</i> , 2009
112,5	25-35	3.770	15,1-10,8	DE ALMEIDA <i>et al.</i> , 2011
125	40	4.613	11,5	VAN DER MEER <i>et al.</i> , 1995

^a Calculada. ^b Peso médio estimado, na matéria seca. ^c Energia digestível calculada. ^d Energia metabolizável calculada.

AZEVEDO *et al.* (2012) estimaram as exigências em aminoácidos essenciais do tambaqui com base no perfil aminoacídico

corporal da espécie descrito por VAN DER MEER e VERDEGEM (1996). Segundo os autores, com exceção dos valores obtidos para Leu e Tri, os

demais ficaram dentro dos intervalos obtidos com ensaios de dose-resposta para outras espécies de peixe, mostrando-se uma estimativa válida para o tambaqui, enquanto resultados provenientes de experimentação não são

disponibilizados. Na Tabela 3, a estimativa da exigência em aminoácidos essenciais do tambaqui é comparada com as determinadas para o pacu (*Piaractus mesopotamicus*) por BICUDO *et al.* (2009) e ABIMORAD *et al.* (2010).

Tabela 3. Exigências em aminoácidos essenciais do tambaqui e pacu.

Aminoácidos	Exigência em aminoácidos essenciais*		
	Tambaqui	Pacu	
	AZEVEDO <i>et al.</i> (2012)	BICUDO <i>et al.</i> (2009)	ABIMORAD <i>et al.</i> (2010)
	% da proteína		
Arginina	4,29	3,19	3,97
Fenilalanina+Tirosina	4,61	3,78	4,58
Histidina	1,51	1,14	1,51
Isoleucina	2,90	2,09	2,50
Leucina	4,87	4,12	5,00
Lisina	5,30	4,70	5,67
Metionina+Cistina	2,21	1,57	1,73
Treonina	2,92	2,07	2,88
Valina	3,28	2,05	2,75
Triptofano	0,32	ne**	ne**

*Estimada com base no perfil de aminoácidos corporais (tambaqui) e do tecido muscular (pacu), exceto para a lisina, que foi determinada por ensaio de dose-resposta nos trabalhos de BICUDO *et al.* (2009) e ABIMORAD *et al.* (2010).

ne**Não estimada.

O consumo alimentar e crescimento em tambaqui alimentado com dois níveis de proteína (30 e 40%) e quatro níveis de lipídios (5, 10, 15 e 20%) não foram afetados pelos diferentes níveis de lipídios, mas sim pelo aumento no nível de proteína, que reduziu o consumo e aumentou o crescimento (VAN DER MEER *et al.*, 1997a). Ainda neste mesmo estudo, observou-se que o tambaqui, tal como a maioria das espécies de peixes, utiliza mais eficientemente o lipídio como fonte de energia do que carboidratos. Em complemento, DE ALMEIDA *et al.* (2011) também verificaram uma preferência lipolítica pelo tambaqui. Entretanto, considerando a importância de frutos e sementes na dieta natural do tambaqui, é esperada uma relativa maior habilidade da espécie em utilizar carboidratos. Tal característica é extremamente desejável para a aquicultura, uma vez que a inclusão adequada de carboidratos na dieta pode reduzir os custos de produção devido a sua alta disponibilidade e efeito poupador de proteína, o qual, ainda, previne a emissão de compostos nitrogenados na água (WILSON, 1994; WU *et al.*, 2007; NRC, 2011).

Juvenis de tambaqui alimentados com diferentes relações carboidrato: lipídio (11:16, 19:14, 26:13, 38:11 e 51:6) apresentaram resposta positiva para peso final, conversão alimentar e retenção de proteína até a relação 38:11, indicando que a espécie apresenta significativa habilidade em aproveitar carboidratos (GÜNTHER, 1996). CORRÊA *et al.* (2007), trabalhando com dietas isoproteicas (28% de proteína bruta) e isoenergéticas (3300 kcal kg⁻¹ de energia bruta) com 30, 40 e 50% de amido de milho, também encontraram grande capacidade de utilização de carboidratos pelo tambaqui, sugerindo o nível de 40% como o melhor para prevenir excesso de deposição lipídica corporal e promover efeito poupador de proteína.

INGREDIENTES ALTERNATIVOS

Há uma grande quantidade de estudos testando ingredientes locais para o tambaqui. No caso da região Amazônica, onde esses trabalhos se concentram, o intuito é reduzir os custos com alimentação, bem como a dependência por insumos agrícolas externos (ONO, 2005; SANTOS

et al., 2010b). Além disso, uma vez que o tambaqui se alimenta naturalmente de frutos e sementes, itens ricos em carboidratos e fibras, tal como são esses ingredientes, espera-se que a espécie seja capaz de utilizar os mesmos de forma eficiente (SILVA *et al.*, 2000). Deve-se destacar que a maior parte desses estudos não avaliou a digestibilidade, medida imprescindível para o conhecimento, não apenas do valor nutricional dos ingredientes, mas também da produção de fezes no meio aquático decorrente de seu consumo (CYRINO *et al.*, 2010; FRACALOSSO *et al.*, 2012).

VIDAL JR *et al.* (2004) avaliaram de forma comparativa o uso de indicadores internos e externos, bem como o método direto e indireto de coleta de fezes na determinação da digestibilidade em peixes. Utilizaram o tambaqui como espécie, e o fubá de milho e o farelo de soja como alimentos, os quais apresentaram coeficientes de digestibilidade de matéria seca e proteína acima de 80% para os melhores tratamentos. No entanto, como o objetivo do trabalho não era determinar os coeficientes de digestibilidade de ambos os alimentos, mas sim comparar técnicas de digestibilidade, os alimentos foram fornecidos puros em uma única refeição introduzida diretamente no esôfago. Tal procedimento provavelmente deve ter afetado o aproveitamento desses alimentos, restringindo a aplicação desses coeficientes para formulações (FRACALOSSO *et al.*, 2012).

SILVA *et al.* (2003) avaliaram a digestibilidade de frutos e sementes consumidos naturalmente pelo tambaqui. Para aqueles com maior concentração de fibra, houve redução na digestibilidade total da dieta, ressaltando a importância de se empregar ingredientes com qualidade nutricional nas formulações. SANTOS *et al.* (2010b) verificaram que a adição de até 30% de farinha de resíduo de castanha-do-Pará não compromete o ganho em peso nem parâmetros hematológicos de juvenis de tambaqui. PEREIRA JUNIOR *et al.* (2013) observaram que pode ser adicionado até 24% de farinha de leucena em substituição à farinha de peixe na dieta de juvenis de tambaqui. Já LOPES *et al.* (2010) concluíram que até 12% de farelo de babaçu pode ser incluído na dieta de juvenis de tambaqui sem prejuízo no desempenho. Segundo ANSELMO (2008), resíduos de acerola e de jenipapo (30% de inclusão

na dieta) podem ser utilizados como fontes alternativas de proteína para o tambaqui e, possivelmente, como fontes de energia, na forma de carboidrato. Mandioca, pupunha e banana mostraram-se fontes de energia adequadas para o tambaqui em substituição ao trigoilho (30% de inclusão na dieta) (LOCHMANN *et al.*, 2009). GUIMARÃES e STORTI FILHO (2004), avaliando uma mistura de subprodutos agrícolas e florestais para tambaquis em policultivo com o jaraqui (*Semaprochilodus insignis*), constataram que os subprodutos testados - açaí (caroço e casca), alface, arará-boi, couve, fruta-pão (semente cozida), jambo, mamão, mandioca (raspa e subprodutos), maxixe, pepino, pupunha (polpa cozida), quiabo, repolho e tomate - podem servir de base na elaboração de dietas suplementares para a espécie.

Apesar do grande apelo social, econômico e ambiental, a grande maioria dos ingredientes testados para o tambaqui apresenta disponibilidade restritamente local e volume de produção insuficiente para sua utilização pelas indústrias de ração. Adicionalmente, em sua maioria, são nutricionalmente pouco concentrados, com alto teor de fibras e umidade. Segundo NAYLOR *et al.* (2009), a viabilidade de um potencial ingrediente depende de sua qualidade nutricional, disponibilidade imediata e facilidade de manuseio, transporte, armazenagem e utilização para a formulação de dietas. Dessa forma, muito embora o tambaqui em ambiente natural se beneficie de itens nutricionalmente pouco concentrados, faz-se necessária a avaliação de ingredientes com real potencial para a alimentação do tambaqui e estudos que determinem a digestibilidade dos mesmos.

MANEJO ALIMENTAR

Estratégias de alimentação adequadas devem considerar o equilíbrio entre eficiência de utilização do alimento e maximização do crescimento, o que implica no uso de taxas de alimentação restritas e fixas em alternativa à alimentação até a saciedade aparente (VAN DER MEER *et al.*, 1997b). A alimentação à vontade de juvenis de tambaqui resultou no não aproveitamento de 21 e 28% da ração (VAN DER MEER *et al.*, 1997c; VAN DER MEER *et al.*, 1997b, respectivamente). Altas frequências de

alimentação resultaram em maior consumo alimentar, maiores taxas de crescimento e menor eficiência de utilização do alimento para juvenis de tambaqui com peso médio inicial de 0,87 g (VAN DER MEER *et al.*, 1997c).

Na fase inicial de engorda em tanque-rede (1-3 g até 20-40 g), o tambaqui se beneficia de taxas e frequências alimentares maiores: 10% do peso vivo ao dia e três refeições diárias, com ração contendo 34% de proteína bruta (SILVA *et al.*, 2007a). Quando cultivados em tanques-rede em lago de várzea, tambaquis com 55,55 g até cerca de 200 g, alimentados com ração contendo 34% de proteína bruta, apresentaram melhor taxa de alimentação em torno de 5% do peso vivo ao dia (CHAGAS *et al.*, 2005). Já para tambaquis acima de 200 g, alimentados com ração comercial com 28% de proteína bruta e sob as mesmas condições de cultivo, a quantidade mais adequada é de 1% do peso vivo ao dia (CHAGAS *et al.*, 2007). Em ambos os estudos, houve piora na conversão alimentar com aumento da taxa de alimentação. No estudo de CHAGAS *et al.* (2007), no entanto, maior ganho em peso e produção de biomassa foram obtidos com as maiores quantidades de alimentação (3 e 5% do peso vivo), entretanto, a

menor taxa (1% do peso vivo) foi a única economicamente viável. Cabe mencionar que nesses dois trabalhos, como característica típica de lagos de várzea, o oxigênio dissolvido chegou em níveis relativamente baixos, ainda que toleráveis para o tambaqui. Tal condição pode ter afetado o consumo e até mesmo a eficiência de utilização de nutrientes pela espécie.

Para o cultivo do tambaqui em viveiros no estado do Amazonas, recomenda-se, durante a fase de alevinagem, taxa de alimentação entre 5 e 10% do peso vivo com ração contendo 32% de proteína bruta e cerca de 3.500 kcal kg⁻¹ de energia bruta, dividida em quatro refeições ao dia (MELO *et al.*, 2001). Para a fase de engorda, sugere-se uma alimentação entre 1 e 5% do peso vivo com ração contendo 28% proteína bruta e 3.000 kcal kg⁻¹ de energia bruta, duas vezes ao dia (MELO *et al.*, 2001). Neste trabalho, os autores verificaram que a ração foi o item de maior importância sobre o custo operacional total, perfazendo cerca de 64,20% do mesmo. Manejo alimentar similar é apresentado por IZEL e MELO (2004), porém, de forma mais detalhada, como pode ser observado na Tabela 4, a qual também apresenta o manejo alimentar descrito anteriormente para tanque-rede.

Tabela 4. Manejo alimentar do tambaqui em viveiro escavado e tanque-rede.

Peso médio (g)	Proteína bruta (%)	Taxa de alimentação em peso vivo ao dia (%)	Número de refeições por dia	Referências
Viveiros escavados				
Alevinagem	34	Até saciedade aparente	4	
100 a 500	28	3	2	IZEL e MELO, 2004
500 a 1000	28	2	2	
> 1000	28	1,5	1	
Tanque-rede				
1-3 a 20-40	34	10	3	SILVA <i>et al.</i> , 2007a
55,55 a 200	34	5	2	CHAGAS <i>et al.</i> , 2005*
> 200	28	1	2	CHAGAS <i>et al.</i> , 2007*

*Mais estudos são necessários com tambaquis produzidos em tanques-rede nessa faixa de peso.

DISCUSSÃO

Além dos trabalhos citados nesta revisão, existem outros na área de nutrição e alimentação do tambaqui, avaliando o efeito imunológico do ácido ascórbico (CHAGAS e VAL, 2003), a utilização de enzimas exógenas (NUNES *et al.*, 2006; SILVA *et al.*, 2007b), o desenvolvimento e a

exigência proteica da espécie sob restrição alimentar (ITUASSÚ *et al.*, 2004; SANTOS *et al.*, 2010a, respectivamente), entre outros. No entanto, são trabalhos pontuais, sendo que a espécie ainda carece de informações sobre fisiologia básica, exigências nutricionais, aproveitamento de alimentos e manejo alimentar, razão pela qual essa revisão focou em trabalhos nesses temas.

Considerando a complexidade do ecossistema de origem do tambaqui, bem como a flexibilidade alimentar da espécie, estudos explorando as adaptações fisiológicas e metabólicas do tambaqui seriam de enorme importância para avanços na área de nutrição, bem como nas demais áreas de produção. Quanto às exigências nutricionais da espécie, há uma grande carência de estudos avaliando suas necessidades em ácidos graxos, aminoácidos, vitaminas e minerais. No caso especial da proteína e do balanço entre proteína e energia, nos quais há grande divergência de resultados, novos estudos utilizando padrões de experimentação em nutrição são necessários para definição da exigência da espécie nas diferentes fases da vida. Uma vez determinadas suas necessidades nutricionais, são imprescindíveis trabalhos avaliando a digestibilidade de potenciais ingredientes para o tambaqui e, na sequência, testando os melhores níveis de inclusão desses ingredientes. O objetivo único desses estudos é o mesmo: elaborar dietas nutricionalmente completas para a espécie que atendam todas as fases de cultivo e que resultem em produtividade e economicidade com o mínimo impacto ao ambiente. Enquanto esse avanço tecnológico não é atingido, estudos analisando o melhor manejo alimentar com rações comerciais vêm sendo realizados, com intuito de suprir as demandas urgentes do setor produtivo, o que é de grande valia para a manutenção e desenvolvimento da cadeia produtiva do tambaqui. O exercício constante de levantar, reunir, atualizar e criticar os trabalhos publicados na área de nutrição é de suma importância para nortear e organizar os esforços de pesquisas em rede e apontar as reais necessidades de estudo para o tambaqui.

REFERÊNCIAS

- ABIMORAD, E.G.; FAVERO, G.C.; SQUASSONI, G.H.; CARNEIRO, D. 2010 Dietary digestible lysine requirement and essential amino acid to lysine ratio for pacu *Piaractus mesopotamicus*. *Aquaculture Nutrition*, 16: 370-377.
- ANSELMO, A.A.S. 2008 *Resíduos de frutos amazônicos como ingredientes alternativos em rações extrusadas para juvenis de tambaqui, Colossoma macropomum*. Manaus, 54 p. (Dissertação de Mestrado. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, UFAM). Disponível em: <http://tede.inpa.gov.br/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=445> Acesso em: 10 dez. 2012.
- ARAÚJO-LIMA, C. e GOULDING, M. 1998 *Os frutos do tambaqui: ecologia, conservação e cultivo na Amazônia*. Tefé, AM: Sociedade Civil de Mamirauá, Brasília: CNPq. 186p.
- ARIDE, P.H.R.; ROUBACH, R.; VAL, A.L. 2007 Tolerance response of tambaqui *Colossoma macropomum* (Cuvier) to water pH. *Aquaculture Research*, 38: 588-594.
- AZEVEDO, K.S.P.; ALMEIDA, R.G.S.; SANTOS, M.C.; RESENDE, A.M.; BICUDO, A.J.A. 2012 Valores da exigência de aminoácidos essenciais do tambaqui *Colossoma macropomum* estimados pelo perfil de aminoácidos corporais. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE AQUICULTURA E BIOLOGIA AQUÁTICA, 5., Palmas, 1-5/jul./2012. *Anais...* Palmas: Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática, 2012. p.R0495-1.
- BALDISSEROTTO, B. 2009 Respiração e circulação. In: BALDISSEROTTO, B. *Fisiologia de peixes aplicada à piscicultura*. 2ª ed. Santa Maria: Editora UFSM. p.53-75.
- BICUDO, A.J.A.; SADO, R.Y.; CYRINO, J.E.P. 2009 Dietary lysine requirement of juvenile pacu *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887). *Aquaculture*, 297: 151-156.
- CAMARGO, A.C.S.; VIDAL Jr, M.V.; DONZELE, J.L.; ANDRADE, D.R.; SANTOS, L.C. 1998 Níveis de energia metabolizável para tambaqui (*Colossoma macropomum*) dos 30 aos 180 gramas de peso vivo. 1. Composição das Carcaças. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 27: 409-415.
- CHAGAS, E.C. e VAL, A.L. 2003 Efeito da vitamina C no ganho de peso e em parâmetros hematológicos de tambaqui. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 38: 397-402.
- CHAGAS, E.C.; GOMES, L.C.; MARTINS JÚNIOR, H.; ROUBACH, R.; LOURENÇO, J.N.P. 2005 Desempenho de tambaqui cultivado em tanques-rede, em lago de várzea, sob diferentes taxas de alimentação. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 40: 833-835.
- CHAGAS, E.C.; GOMES, L.C.; MARTINS JÚNIOR, H.; ROUBACH, R. 2007 Produtividade de

- tambaqui criado em tanque-rede com diferentes taxas de alimentação. *Ciência Rural*, 37: 1109-1115.
- CORRÊA, C.F.; AGUIAR, L.H.; LUNDSTEDT, L.; MORAES, G. 2007 Responses of digestive enzymes of tambaqui (*Colossoma macropomum*) to dietary cornstarch changes and metabolic inferences. *Comparative Biochemistry and Physiology, Part A*, 147: 857-862.
- CYRINO, J.E.P.; BICUDO, A.J.A.; SADO, R.Y.; BORGHESI, R.; DAIRIKI, J.K. 2010 A piscicultura e o ambiente - o uso de alimentos ambientalmente corretos em piscicultura. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 39: 68-87.
- DE ALMEIDA, L.C.; LUNDSTEDT, L.M.; MORAES, G. 2006 Digestive enzyme responses of tambaqui (*Colossoma macropomum*) fed on different levels of protein and lipid. *Aquaculture Nutrition*, 12: 443-450.
- DE ALMEIDA, L.C.; AVILEZ, I.M.; HONORATO, C.A.; HORI, T.S.F.; MORAES, G. 2011 Growth and metabolic responses of tambaqui (*Colossoma macropomum*) fed different levels of protein and lipid. *Aquaculture Nutrition*, 17: e253-e262.
- ECKMAN, R. 1987 Growth and body composition of juvenile *Colossoma macropomum* Cuvier 1818 (Characoidei) feeding on artificial diets. *Aquaculture*, 64: 293-303.
- FRACALOSSO, D.M.; RODRIGUES, A.P.O.; SILVA, T.S.C.; CYRINO, J.E.P. 2012 Técnicas experimentais em nutrição de peixes. In: FRACALOSSO, D.M. e CYRINO, J.E.P. *NUTRIAQUA: nutrição e alimentação de espécies de interesse para a aquicultura brasileira*. 1ª ed. Florianópolis: Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática. p.37-63.
- GOMES, L.C.; CHAGAS, E.C.; MARTINS-JUNIOR, H.; ROUBACH, R.; ONO, E.A.; LOURENÇO, J.N.P. 2006 Cage culture of tambaqui (*Colossoma macropomum*) in a central Amazon floodplain lake. *Aquaculture*, 253: 374-384.
- GOMES, L.C.; SIMÕES, L.N.; ARAÚJO-LIMA, C.A.R.M. 2010 Tambaqui (*Colossoma macropomum*). In: BALDISSEROTTO, B. e GOMES, L.C. *Espécies nativas para piscicultura no Brasil*. 2ª ed. Santa Maria: Editora da UFSM. p.175-204.
- GOULDING, M. e CARVALHO, M.L. 1982 Life history and management of the tambaqui (*Colossoma macropomum*, Characidae): an important Amazonian food fish. *Revista Brasileira de Zoologia*, 1: 107-133.
- GUIMARÃES, S.F. e STORTI FILHO, A. 2004 Produtos agrícolas e florestais como alimento suplementar de tambaqui em policultivo com jaraqui. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 39: 293-296.
- GÜNTHER, J. 1996 Growth of tambaqui (*Colossoma macropomum*) juveniles at different carbohydrate-lipid ratios. *Journal of Aquaculture in the Tropics*, 11: 105-112.
- GUTIÉRREZ, F.W.A.; ZALDÍVAR, J.R.; CONTRERAS, G.S. 2009 Efecto de varios niveles de energía digestible y proteína em la dieta sobre el crecimiento de gamitana (*Colossoma macropomum*) Cuvier 1818. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 29: 178-186.
- GUTIÉRREZ, F.W.; QUISPE, M.; VALENZUELA, L.; CONTRERAS, G.; ZALDÍVAR, J. 2010 Utilización de la proteína dietaria por alevinos de la gamitana, *Colossoma macropomum*, alimentados con dietas isocalóricas. *Revista Peruana de Biología*, 17: 219-223.
- HONDA, E.M.S. 1974 Contribuição ao conhecimento da biologia de peixes do Amazonas. II- Alimentação de tambaqui, *Colossoma bidens* (Spix). *Acta Amazonica*, 4: 47-53.
- ISMIÑO-ORBE, R.A. 1997 *Excreção e efeito da amônia sobre o crescimento do tambaqui (Colossoma macropomum Cuvier, 1818)*. Manaus. 29p. (Dissertação de Mestrado. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia).
- ITUASSÚ, D.R.; SANTOS, G.R.S.; ROUBACH, R.; PEREIRA-FILHO, M. 2004 Desenvolvimento de tambaqui submetido a períodos de privação alimentar. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 39: 1199-1203.
- IZEL, A.C.U. e MELO, L.A.S. 2004 *Criação de tambaqui (Colossoma macropomum) em tanques escavados no estado do Amazonas*. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental. 19p.
- KOHLA, U.; SAINT-PAUL, U.; FRIEBE, J.; WERNICKE, D.; HILGE, V.; BRAUM, E.; GROPP, J. 1992 Growth, digestive enzyme activities and hepatic glycogen levels in juvenile

- Colossoma macropomum* Cuvier from South America during feeding, starvation and refeeding. *Aquaculture and Fisheries Management*, 23: 189-208.
- KUBTIZA, F. 2004 Coletânea de informações aplicadas ao cultivo do tambaqui, do pacu e de outros peixes redondos. *Panorama da Aquicultura*, 14: 27-39.
- LOCHMANN, R.; CHEN, R.; CHU-KOO, F.W.; CAMARGO, W.N.; KOHLER, C.C.; KASPER, C. 2009 Effects of carbohydrate-rich alternative feedstuffs on growth, survival, body composition, hematology, and nonspecific immune response of black pacu, *Colossoma macropomum*, and red pacu, *Piaractus brachypomus*. *Journal of the World Aquaculture Society*, 40: 33-43.
- LOPES, J.M.; PASCOAL, L.A.F.; SILVA FILHO, F.P. da; SANTOS, I.B.; WATANABE, P.H.; ARAÚJO, D.M.; PINTO, D.C.; OLIVEIRA, P.S. 2010 Farelo de babaçu em dietas para tambaqui. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, 11: 519-526.
- MACEDO, E.M. 1979 Exigência de proteína na nutrição de tambaqui, *Colossoma macropomum* Curvier, 1818. (Pisces, Characidae). Jaboticabal. 71p. (Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de São Paulo).
- MELO, L.A.S.; IZEL, A.C.U.; RODRIGUES, F.M. 2001 Criação de tambaqui (*Colossoma macropomum*) em viveiros de argila/ barragens no estado do Amazonas. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental. 25p.
- MPA - MINISTÉRIO DA PESCA E AQUICULTURA. 2012 Boletim estatístico da pesca e aquicultura. Brasil 2010. Brasília. 129p.
- NRC - NATIONAL RESEARCH COUNCIL. 2011 Nutrient Requirements of Fish and Shrimp. Washington, DC: The National Academic Press. 376p.
- NAYLOR, R.L.; HARDY, R.W.; BUREAU, D.P.; CHIU, A.; ELLIOTT, M.; FARRELL, A.P.; FORSTER, I.; GATLIN, D.M.; GOLDBURG, R.J.; HUA, K.; NICHOLS, P.D. 2009 Feeding aquaculture in an era of finite resources. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 106: 15103-15110.
- NUNES, E.S.S.; CAVERO, B.A.S.; PEREIRA-FILHO, M.; ROUBACH, R. 2006 Enzimas digestivas exógenas na alimentação de juvenis de tambaqui. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 41: 139-143.
- OISHI, C.A.; NWANNA, L.C.; PEREIRA-FILHO, M. 2010 Optimum dietary protein requirement for Amazonian tambaqui, *Colossoma macropomum* Cuvier, 1818, fed fishmeal free diets. *Acta Amazonica*, 40: 757-762.
- ONO, E.A. 2005 Cultivar peixes na Amazônia: possibilidade ou utopia? *Panorama da Aquicultura*, 90: 41-48.
- PEREIRA JUNIOR, G.; PEREIRA FILHO, M.; ROUBACH, R.; BARBOSA, P.S.; SHIMODA, E. 2013 Farinha de folha de leucena (*Leucaena leucocephala* Lam. de wit) como fonte de proteína para juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum* CUVIER, 1818). *Acta Amazonica*, 43: 227-234.
- ROTTA, M.A. 2003 Aspectos gerais da fisiologia e estrutura do sistema digestivo dos peixes relacionados à piscicultura. Corumbá: Embrapa Pantanal. 48p.
- SANTOS, L.; PEREIRA-FILHO, M.; SOBREIRA, C.; ITUASSÚ, D.; FONSECA, F.A.L. 2010a Exigência protéica de juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum*) após privação alimentar. *Acta Amazonica*, 40: 597-604.
- SANTOS, M.Q.C.; OISHI, C.A.; PEREIRA FILHO, M.; LIMA, M.A.C.; ONO, E.A.; AFFONSO, E.G. 2010b Physiological response and performance of tambaqui fed with diets supplemented with Amazonian nut. *Ciência Rural*, 40: 2181-2185.
- SILVA, C.R.; GOMES, L.C.; BRANDÃO, F.R. 2007a Effect of feeding rate and frequency on tambaqui (*Colossoma macropomum*) growth, production and feeding costs during the first growth phase in cages. *Aquaculture*, 264: 135-139.
- SILVA, J.A.M. da; PEREIRA-FILHO, M.; OLIVEIRA-PEREIRA, M.I. de 2000 Seasonal variation of nutrients and energy in tambaqui's (*Colossoma macropomum* Cuvier, 1818) natural food. *Revista Brasileira de Biologia*, 60: 599-605.
- SILVA, J.A.M. da; PEREIRA-FILHO, M.; OLIVEIRA-PEREIRA, M.I. de. 2003 Frutos e sementes consumidos pelo tambaqui, *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818) incorporados em rações. Digestibilidade e velocidade de trânsito

- pelo trato gastrointestinal. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 32: 1815-1824.
- SILVA, J.A.M.; PEREIRA-FILHO, M.; CAVERO, B.A.S.; OLIVEIRA-PEREIRA, M.I. 2007b Digestibilidade aparente dos nutrientes e energia de ração suplementada com enzimas digestivas exógenas para juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum* Cuvier, 1818). *Acta Amazonica*, 37: 157-164.
- VAN DER MEER, M.B. e VERDEGEM, M.C.J. 1996 Comparison of amino acid profiles of feeds and fish as a quick method for selection of feed ingredients: A case study of *Colossoma macropomum* (Cuvier). *Aquaculture Research*, 27: 487-495.
- VAN DER MEER, M.B.; MACHIELS, M.A.M.; VERDEGEM, M.C.J. 1995 The effect of dietary protein level on growth, protein utilization and body composition of *Colossoma macropomum* (Cuvier). *Aquaculture Research*, 26: 901-909.
- VAN DER MEER, M.B.; ZAMORA, J.E.; VERDEGEM, M.C.J. 1997a Effect of dietary lipid level on protein utilization and the size and proximate composition of body compartments of *Colossoma macropomum* (Cuvier). *Aquaculture Research*, 28: 405-417.
- VAN DER MEER, M.B.; FABER, R.; ZAMORA, J.E.; VERDEGEM, M.C.J. 1997b Effect of feeding level on feed losses and feed utilization of soya and fish meal diets in *Colossoma macropomum* (Cuvier). *Aquaculture Research*, 28: 394-403.
- VAN DER MEER, M.B.; VAN HERWAARDEN, H.; VERDEGEM, M.C.J. 1997c Effect of number of meals and frequency of feeding on voluntary feed intake of *Colossoma macropomum* (Cuvier). *Aquaculture Research*, 28: 419-432.
- VIDAL JR, M.V.; DONZELE, J.L.; CAMARGO, A.C.S.; ANDRADE, D.R.; SANTOS, L.C. 1998 Níveis de proteína bruta para tambaqui (*Colossoma macropomum*), na fase de 30 a 250 gramas. 1. Desempenho dos tambaquês. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 37: 421-426.
- VIDAL JR, M.V.; DONZELE, J.L.; ANDRADE, D.R.; SANTOS, L.C. 2004 Determinação da digestibilidade da matéria seca e da proteína bruta do fubá de milho e do farelo de soja para tambaqui (*Colossoma macropomum*), utilizando-se técnicas com uso de indicadores internos e externos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 33: 2193-2200.
- WILSON, R.P. 1994 Utilization of dietary carbohydrate by fish. *Aquaculture*, 124: 67-80.
- WU, X.-Y.; LIU, Y.-L.; TIAN, L.-X.; MAI, K.-S.; YANG, H.-J. 2007 Utilization of different raw and pre-gelatinized starch sources by juvenile yellowfin seabream *Sparus latus*. *Aquaculture Nutrition*, 13: 389-396.